

# OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA CIP (CLEAN IN PLACE) A TEMPERATURA AMBIENTE, EN LOS TANQUES DE ALMACENAJE DE CERVEZA FILTRADA

*Optimization of a CIP (clean in place) cleaning system at ambient temperature, in filtered beer storage tank,*

**Edgar Augusto Morales Reyes**

Mtr. en Gestión Industrial  
aumore25@gmail.com

**Claudia Carolina Ronquillo Blau**

Mtr. en Ciencias de la Cerveza y Tecnología de Bebidas  
claudiaronquillo@icasa.com.gt

Recibido: 22 de noviembre de 2023 | Revisado: 5 de marzo de 2024 | Aprobado: 15 de junio de 2024

## Resumen

Una planta productora de cerveza presenta un alto costo por circuitos de limpieza CIP (clean in place) de siete pasos, debido a la alta demanda de producción. Se optimiza la operación al convertir el proceso a un sistema de limpieza de cinco pasos. Se logra una limpieza más rápida, ahorrar recursos y reducir costos en soluciones de limpieza. Se evalúa la capacidad instalada de la empresa, la cual cumple con las condiciones de logística y parámetros operacionales, para usar una solución dual de ácido-desinfectante. Al realizar estudios de microbiología de acuerdo con la Norma COGUANOR NGO 34 155 h2, h3 y h4, se determina que la limpieza a CIP a cinco pasos es eficaz. La empresa se beneficia con la implementación del sistema de limpieza que le permite obtener un ahorro económico e implementar el procedimiento establecido en esta investigación para otros procesos, gracias a su efectividad y reproducibilidad.

## Palabras clave

Producción, optimización, efectividad, evaluación, microbiología.

## Abstract

*The beer production plant has a high cost for 7-step CIP cleaning circuits due to the high production demand. This was addressed by optimizing the operation and process of a 7-step to 5-step CIP cleaning system. It achieved faster cleaning, saving resources and reducing costs in cleaning solutions. The evaluation of the installed capacity of the company was carried out, which complies with the logistics and operational parameters, in order to use a dual acid-disinfectant solution. Microbiological studies were carried out according to the COGUANOR NGO 34 155 h2, h3 and h4 standard, it was determined that the 5-step CIP cleaning is effective. The company benefits from the implementation of the 5-step CIP cleaning system to obtain economic savings and to be able to implement the procedure established in this research for other processes, thanks to its effectiveness and reproducibility.*

## Keywords

*Production, optimization, effectiveness, evaluation, microbiology.*

## Introducción

El estudio se centra en la evaluación y optimización de un sistema de limpieza CIP de cinco pasos a temperatura ambiente para los tanques de almacenaje de cerveza filtrada en una fábrica de la industria cervecera. La problemática de la empresa se da en el gasto de recursos debido al uso de un sistema de limpieza CIP a siete pasos, a causa de la demanda de la producción. La solución se encuentra en implementar el uso de un sistema de limpieza optimizado, tomando en cuenta la microbiología y parámetros de calidad de los equipos. El resultado de la investigación aporta a la empresa un ahorro de recursos con el uso de un ácido-desinfectante. Se realizan estudios microbiológicos y económicos, y se establece un procedimiento que garantiza la efectividad del CIP de cinco pasos en la industria cervecera.

## Desarrollo del estudio

La idea central de la investigación surge debido a la necesidad del ahorro en el uso de productos químicos utilizados para el sistema de limpieza CIP, de los equipos utilizados para el almacenaje de cerveza. Se consultan los registros históricos, del sistema de limpieza CIP a siete pasos. Se recolecta la información de 12 tanques de almacenaje de cerveza filtrada y se analizan 36 resultados microbiológicos para cada uno de los tanques durante seis meses.

La efectividad del sistema CIP a cinco pasos se determina mediante el análisis microbiológico, con base en las normas COGUANOR 34 155 h2, h3 y h4. Al comparar el gasto que se tiene en un sistema CIP de siete pasos y el sistema CIP de cinco pasos, se determina el ahorro para la empresa. La investigación finaliza con la implementación del uso del sistema de limpieza CIP a cinco pasos, para los tanques de almacenaje de cerveza filtrada; empleando la nueva mezcla automática que se deja parametrizada y aprobada por los análisis microbiológicos, que garantizan su efectividad y reproducibilidad en otras áreas.

## Resultados obtenidos

Para determinar la efectividad del CIP a cinco pasos se realizan siembras microbiológicas, de las muestras tomadas de los últimos enjuagues con agua, para identificar la presencia de microorganismos, que pudieran estar presentes después del CIP de cinco pasos.

**Tabla 1.**

*Resultados microbiológicos del CIP a 5 pasos*

Controles Microbiológicos			
BBT No.	Promedio recuento total < 25 UFC/ 100ml	Promedio coliforme 0 UFC/100ml	Promedio moho y levadura < 10 UFC/100ml
1 al 12	1	0	1

*Nota.* Control microbiológico BBT para limpieza CIP a 5 pasos. Elaboración propia.

En la tabla 1 se muestran los resultados microbiológicos promedio del CIP a cinco pasos, según la norma COGUANOR NGO h2 (recuento total), h3 (coliformes) y h4 (moho y levadura), con todos los resultados dentro de los parámetros establecidos. Por esta razón se determina que la limpieza CIP a cinco pasos para todos los tanques de almacenaje es eficaz.

**Tabla 2.**

*Ahorro del uso de CIP a 5 pasos*

Consumos anuales	CIP a 7 pasos	CIP a 5 pasos	Ahorro anual
Tiempo (h)	3456	2592	864
Costo horas hombre (Q.)	Q33,592.32	Q25,194.24	Q8,398.08
Energía eléctrica (Q.)	Q217,451.52	Q163,088.64	Q54,362.88
Agua (Q.)	Q782,092.80	Q403,660.80	Q378,432.00
Desinfectante (Q.)	Q3,510,604.80		Q3,510,604.80
		Total	Q3,951,797.76

*Nota.* Comparación de inversiones en procesos CIP de 7 y 5 pasos. Elaboración propia.

En la evaluación económica se utilizan los precios estándares de cada parámetro en análisis. El ahorro de energía eléctrica, agua, tiempo, horas hombre y químicos, se obtiene por la comparación de los resultados entre el CIP de siete pasos y el de cinco pasos, y en su conjunto determinan el ahorro anual. En la tabla 2 se detalla el ahorro obtenido. El ahorro total anual por el uso del sistema de limpieza CIP de cinco pasos, es de Q.3,951,797.76.

Para la propuesta de implementación del sistema de limpieza reducido a cinco pasos, se determinan el tiempo y conductividad, mínima y máxima que debería tener la receta automática del proceso. Esta receta se ve reflejada en la tabla 3. Con esta se garantiza la estandarización y la efectividad de la limpieza en los tanques de almacenaje de cerveza filtrada.

**Tabla 3.**

*Parámetros de la receta automática de CIP a 5 pasos*

Pasos	Conductividad (ms)	Tiempo máximo (min)	Tiempo mínimo (min)
Recirculación de agua	0	40	20
Recirculación de soda cáustica	70	60	40
Recirculación de agua	0	30	15
Recirculación de ácido-desinfectante	24	60	40
Recirculación de agua	0	45	20

*Nota.* Proceso de limpieza CIP de cinco pasos. Elaboración propia

### Discusión de resultados

La confiabilidad de los resultados que se presentan se basa en el análisis del registro histórico del sistema de limpieza CIP a siete pasos que se aplica en la empresa, así como de los medidores de presión, tiempo y flujo en línea. Los resultados reflejan que la empresa no ha invertido en nuevas tecnologías de CIP, aun teniendo la capacidad operativa necesaria para llevarlos a cabo y obtener soluciones que se adapten a sus nuevos ritmos de producción.

Los resultados obtenidos corresponden a la implementación del sistema de limpieza CIP a cinco pasos. La herramienta que se utiliza para la evaluación, optimización e implementación de dicho sistema de pasos puede ser generalizada a otros equipos de almacenaje ya que cumple con la definición de Moerman (2014), sobre CIP, la cual indica que es “Un método perfeccionado y automático de limpieza dirigido a eliminar la suciedad del equipamiento de una planta y las conducciones sin necesidad de desmontar dicho equipamiento” (p.305).

Torres (2012), comenta que “El beneficio para las industrias que utilizan el CIP es que la limpieza es más rápida, menos mano de obra y más repetible, y presenta menos riesgo de exposición a sustancias químicas a las personas” (p.17). En el caso de estudio estos beneficios anteriormente mencionados se ven mejorados con el diseño e implementación del sistema de limpieza CIP a cinco pasos.

Los resultados principales de la investigación que se pueden relacionar con la base teórica son: la evaluación, optimización y diseño de un sistema de limpieza. Se confirma que esta implementación es importante e indispensable para que la empresa incursione en nuevas opciones tecnológicas; para obtener un ahorro de tiempo, agua, energía eléctrica y costo de horas hombre.

Por otra parte, “aunque por razones de índole económica, se han venido haciendo intentos para reducir los consumos, inicialmente mediante procesos de sedimentación, flotación y centrifugación” (Jung, 1996, pág. 32), estos estudios han revelado ser ineficaces, debido a su alto costo de implementación y mantenimiento.

En el estudio que se reporta, la optimización de un sistema de limpieza CIP, aporta soluciones que aplican tecnologías actuales combinadas con resultados microbiológicos contundentes. Tal y como se observa en la presentación de resultados. El nuevo sistema CIP de cinco pasos permitió un ahorro anual de Q3,951,797.76, lo que representa una reducción del 25 % en los costos operativos, sin invertir en procesos y equipos adicionales,

únicamente usando la capacidad que ya se tiene instalada, por lo que se considera de alta eficacia.

## Conclusiones

1. Se determina que la capacidad de los equipos cumple con los parámetros de presión entre 2.8 bar y 3.2 bar, el caudal en 24 m<sup>3</sup>/h y 25 m<sup>3</sup>/h, velocidad mayor de 3 m/s y la correlación de conductividad del ácido-desinfectante de 99 %, para la utilización de un sistema de limpieza CIP a cinco pasos.
2. El sistema de limpieza interna CIP a cinco pasos en los tanques de cerveza es eficiente, ya que cumple con lo establecido en la norma COGUANOR NGO 34 155 h2, h3 y h4, dado que el recuento total reporta un resultado menor a 1 UFC/100 ml, negativo en todos los valores la presencia de coliformes y el recuento de mohos y levaduras, menores a 10 UFC/100ml.
3. El ahorro anual de energía eléctrica, costo de horas hombre, agua y químicos, para 576 circuitos de limpieza, utilizando un sistema de limpieza CIP a cinco pasos en los 12 tanques de almacenaje de cerveza filtrada es de Q.3,951,797.76.

## Recomendaciones

1. Revisar los parámetros de presión, caudal, velocidad y conductividad, por lo menos una vez al mes, para verificar que el sistema de limpieza CIP a cinco pasos, en los tanques de almacenaje de cerveza filtrada, cumpla con la capacidad instalada de los equipos.

2. Realizar el análisis microbiológico con base en las normas COGUANOR NGO 34 155 h2, h3 y h4, de todos los tanques de almacenaje de cerveza filtrada por lo menos una vez al mes, para garantizar la efectividad del sistema de limpieza.

## Referencias

- Estrada, B. (2007). *Análisis Técnico-Económico de sistemas de limpieza para líneas de producción en la industria de alimentos* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1028\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1028_Q.pdf)
- Jung, C. (1996). *The recovery of washing caustic from CIP wastewater. European Dairy Magazine*, 32-34. <https://hal.archives-ouvertes.fr/index/index>
- Mendoza J.D. (1993). *Manual técnico de limpieza en sitio CIP*. España: Gea.
- Moerman F, Rizoulières P, Majoor FA. (2014) Cleaning in place (CIP) in food processing. *Hygiene in Food Processing: Principles and Practice, Second Edition*, p.305-383. doi:10.1533/9780857098634.3.305.
- Torres, C. (2012). *Diseño de un sistema de limpieza en el sitio de tipo sanitario (cip) para una línea de llenado en un salón de embotellado en la industria de cerveza*, (Tesis de licenciatura), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/19391/1/Edgar%20Augusto%20Morales%20Reyes%20200914945.pdf>